المعالجة البيولوجية للمخلفات :التسميد العضوي (الكمبوست)

تُعد المعالجة البيولوجية للمخلفات العضوية عن طريق التسميد العضوي (Composting) واحدة من أكثر الطرق استدامة وصداقة للبيئة لتحويل النفايات "العبء" إلى مورد "ثمين". هي عملية طبيعية يتم فيها تحلل المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة (بكتيريا، فطريات) في ظروف محكومة إلى مادة غنية بالمغذيات تشبه الدبال.

كلمة (Compost) كمبوست مشتقة من الفعل Decompose بمعنى يتحلل والذي يعنى تكسير أو فصل المكونات عن بعضها البعض، ويتحقق ذلك عن طريق مجموعة معينة من الكائنات الحية ولكن تحلل مكونات المواد وحده ليس كافيا فالكمبوست الجيد هو الذي يعاد فيه بناء هذه المواد المتحللة مرة أخرى إلى دبال Humus وهذا يتطلب وجود مجموعة معينة أخرى من الكائنات الدقيقة التي تساعد في تكوين الدبال وبصفه عامه فإن عملية إنتاج السماد العضوي المكمور (الكمبوست هي تحويل المخلفات العضوية نباتية وحيوانية) إلى سماد عضوي طبيعي وذلك بتدويرها في كومات تحت ظروف هوائية حيث يتم تحليلها وإعادة بناءها في صورة دوبال غني بالعناصر الغذائية الميسرة للنبات والكائنات الحية النافعة لخصوبة التربة وتغذية النبات.

الكمبوست(Compost) ، أو ما يُعرف بـ **"السماد العضوي المكمور"**، هو منتج نهائي ينتج عن عملية بيولوجية محكومة يتم فيها تحويل المخلفات العضوية (سواء كانت نباتية أو حيوانية) إلى مادة غنية تشبه التربة الداكنة بفعل نشاط الكائنات الحية الدقيقة (بكتيريا، فطريات، وديدان).

مراحل تحلل الكمبوست

تمر عملية التسميد بثلاث مراحل حرارية رئيسية:

- **المرحلة الأولية :(Mesophilic)** تبدأ الميكروبات في تحليل المكونات السهلة، وترتفع درجة الحرارة تدريجياً.
- **مرحلة النشاط الحراري :(Thermophilic)** تصل الحرارة إلى ٥٥-٧٠ **°C** هذه الحرارة ضرورية لقتل بذور الأعشاب الضارة والميكروبات المسببة للأمراض.

- **مرحلة النضج :(Cooling/Maturation)** تنخفض الحرارة وتستقر، وتبدأ الكائنات الأكبر (مثل ديدان الأرض) في العمل لإنتاج السماد النهائي "الدبال".

أنواع التحلل:

١ - تحلل المادة العضوية في وجود الأكسجين (هوائي) Aerobic

في هذا النوع من التحلل تنتقل الالكترونات من المادة العضوية بواسطة الأكسجين ولذلك يسمى الأكسجين قليل الإلكترون، ولذلك جميع الميكروبات التي تستخدم الأكسجين كإلكترون مستقبل تسمى بالهوائية.

- الحرارة الناتجة جراء التحلل كافية لرفع درجة حرارة الوسط المستوى. كفيل بالقضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (حيواني نباتي) وكذلك بذور الحشائش.

- الأمونيا الناتجة من عملية التحلل غالباً تستهلك لإنتاج خلايا ميكروبية جديدة، فبالتالي لا يكون هناك احتمالية عالية لانبعاث الغازات المزعجة.

- ونتيجة لما سبق فإن نوعية المنتج النهائي هوائياً أفضل.

٢- تحلل المادة العضوية بدون الأكسجين لا هوائي (An aerobic)

هناك مركبات أخرى أيضاً تستعمل كمستقبل إلكتروني ، ومن أهمها النيتروجين ، الكبريت (No2. No3. So4) وكذلك Co2 يستعمل كمستقبل إلكتروني لينتج غاز الميثان (CH4) ولا يفضل هذا النوع من التحلل بسبب

- أن الحرارة الناتجة من التحلل اللاهوائي غير كافية للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (حيواني / نباتي) وكذلك بذور الحشائش.

- احتمالية كبيرة لانبعاث غازات مزعجة كالميثان (CH) وكذلك بعض المركبات الكبريتية.

- المنتج النهائي رديء.

أساسيات عملية التسميد العضوي

تعتمد جودة الكمبوست وسرعة إنتاجه على التوازن الدقيق بين أربعة عناصر أساسية:

١. **الكربون (المواد البنية) :**مثل أوراق الأشجار الجافة، القش، والكرتون. يوفر الطاقة للميكروبات.

٢. **النيتروجين (المواد الخضراء) :**مثل بقايا الخضروات، الفواكه، وقصاصات العشب. يساعد في بناء البروتينات ونمو الميكروبات.

٣. **الأكسجين :**لأنها عملية "هوائية .(Aerobic) "يتطلب الأمر تقليب الكومة لضمان تدفق الهواء.

٤. **الرطوبة :**يجب أن تكون الكومة رطبة كالإسفنجة المعصورة لضمان حياة الكائنات الدقيقة.

مراحل وعوامل المعالجة البيولوجية (الكمبوست)

تعتمد كفاءة المعالجة على توفير بيئة مثالية لنشاط الكائنات الدقيقة، وتشمل العناصر التالية:

- **المواد الخام** :مزيج من المواد الغنية بالكربون (مثل القش وأوراق الشجر الجافة) والمواد الغنية بالنيتروجين (مثل بقايا الطعام، روث الحيوانات، أو مخلفات المحاصيل الخضراء) بنسبة مثالية تقارب ٣٠ كربون إلى ١ نيتروجين.
- **التهوية (الأكسجين)** :تتطلب العملية تقليباً مستمراً لضمان وصول الأكسجين اللازم للبكتيريا الهوائية، مما يمنع انبعاث الروائح الكريهة ويسرع التحلل.
- **الرطوبة** :يجب الحفاظ على مستوى رطوبة بين ٤٠٪ إلى ٦٠٪؛ فالجفاف يوقف نشاط الميكروبات، والزيادة المفرطة تسبب تعفناً لا هوائياً.
- **المعالجة الحرارية** :ترتفع درجة حرارة الكومة طبيعياً نتيجة النشاط الميكروبي لتصل إلى حوالي ٦٥ درجة مئوية (١٥٠ فهرنهايت)، وهي كفيلة بالقضاء على بذور الأعشاب الضارة ومسببات الأمراض.

لماذا نلجأ للكمبوست بدلاً من السماد الخام؟

السماد الحيواني "الخام" (الروث المباشر) يحتوي على مخاطر حيوية، بينما الكمبوست يتفوق عليه في:

١. التعقيم الحراري :أثناء عملية التحلل، ترتفع درجة الحرارة لتصل إلى 60-70 درجة مئوية، مما يضمن قتل بيوض الطفيليات، الميكروبات المرضية (مثل السالمونيلا)، وبذور الأعشاب الضارة.

٢. الاستقرار الكيميائي :الكمبوست مادة مستقرة لا تنبعث منها روائح كريهة ولا تجذب الحشرات، كما أنها لا تحرق جذور النباتات مثل السماد الخام.

خصائص الكمبوست الجيد

الكمبوست الجيد لابد من أن تتوافر به الخصائص الآتية:

١- يحتوى على المادة العضوية الدوبال حيث تعتبر مخزن للعناصر.

٢- خالي من بذور الحشائش

٣- خالي من الكائنات الحية الممرضه مثل E.coli وSalmonella spp

٤- غني بالكائنات الحية الدقيقة النافعة

٥- خالي من مسببات أمراض النبات مثل Rhizoctonia وFusarium

٦- خالي من الطفيليات والحشرات الممرضه للنبات والنيماتودا

٧- درجة الحموضة متعادلة

٨- خالي من العناصر الثقيلة

٩- اختفاء المخلفات النباتية وعدم تحديد شكلها

١٠- اللون البني

١١- الرائحة المقبولة القريبة من رائحة الأرض المحروثة

فوائد الكمبوست للتربة (الخواص الفيزيائية والكيميائية)

يعمل الكمبوست كـ "إسفنجة ذكية" داخل الأرض:

١. تحسين بنية التربة :يفكك التربة الطينية الثقيلة (لتحسين التهوية) ويجمع حبيبات التربة الرملية (لزيادة تماسكها).

٢. زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء :يقلل من حاجة المحاصيل للري المتكرر لأنه يمتص الماء ويطلبه للنبات ببطء.

٣. رفع الخصوبة الكيميائية :يزيد من القدرة التبادلية للكاتيونات(CEC) ، وهي قدرة التربة على "إمساك" العناصر الغذائية (بوتاسيوم، كالسيوم، مغنيسيوم) ومنع ضياعها مع مياه الري.

٤. ضبط الحموضة :(pH) يعمل كمنظم (Buffer) يحمي جذور النبات من التغيرات المفاجئة في حموضة أو قلوية التربة.

فوائد الكمبوست للنبات (الإنتاج والجودة)

الكمبوست ليس مجرد NPK، بل هو مخزن حيوي:

١.إمداد مستمر بالعناصر: يوفر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في صورة بطيئة التحلل، مما يضمن تغذية النبات طوال فترة نموه دون "صدمة كيميائية" كالتي تسببها الأسمدة الصناعية.

٢.مقاومة الأمراض: يحتوي الكمبوست الناضج على بكتيريا وفطريات نافعة تفرز مضادات حيوية طبيعية تهاجم مسببات أمراض الجذور (مثل النيماتودا وفطريات الذبول).

٣.تحفيز النمو: يحتوي على هرمونات نمو طبيعية (أوكسينات وسيتوكينينات) تزيد من كثافة المجموع الجذري والخضري.

الفوائد البيئية والصحية (الأمن الحيوي)

١.التخلص من السموم: عملية التكمير تحطم متبقيات المبيدات وبعض الأدوية البيطرية الموجودة في المخلفات الخام.

٢.القضاء على المسببات المرضية: الحرارة الناتجة (تصل لـ ٧٠°C) تقتل بكتيريا السالمونيلا، الإيكولاي، وبيوض الطفيليات، مما يمنع انتقال الأمراض المشتركة للإنسان.

٣.تقليل انبعاث الغازات: منع التحلل العشوائي للمخلفات يقلل من انبعاث غاز الميثان (CH4) والأمونيا، مما يحمي طبقة الأوزون ويحسن جودة الهواء حول المزارع.

الفرق بين التسميد بالمخلفات "الخام" والكمبوست "المعالج"

وجه المقارنة	المخلفات الخام (السباخ)	الكمبوست (المعالج بيولوجياً)
بذور الأعشاب	موجودة بكثرة وتنمو مع المحصول	تنخفض بشكل كبير او تقتل معظمها اذا وصلت الحرارة ٥٥-٧٠°C بشكل كافي.
المسببات المرضية	قد تحتوي على مسببات مرضية وتحتاج احتياطات عند التعامل	آمنة نسبيا وغنية بكائنات دقيقة نافعة
الرائحة	نفاذة وتجذب الذباب والآفات	رائحة ترابية مقبولة واقل جذبا للحشرات
تأثيره على الجذور	قد يسبب "حرق" للجذور بسبب الأمونيا	آمن للاستخدام المباشر عادة ولايسبب ضررا للنبات

الفرق بين الكمبوست والسماد الكيميائي

وجه المقارنة	الكمبوست (عضوي)	السماد الكيميائي (صناعي)
مصدر العناصر	طبيعي (بقايا كائنات)	مصنّع كيميائياً (معادن)
التأثير على التربة	يبني التربة ويحسن حيويتها	قد يسبب ملوحة وتدهور بنية التربة عند الاستخدام المفرط
سرعة الامتصاص	بطيء	سريع جداً (وبعض انواعه تفقد بالغسل)
تركيز العناصر	اقل تركيز لكنه شامل ويحسن التربة	عالي التركيز ودقيق
التكلفة	منخفضة (إعادة تدوير)	مرتفعة (شراء خارجي)